

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2004079245 A**(43) Date of publication of application: **11.03.04**

(51) Int. Cl.

H01M 8/02**H01M 8/10**(21) Application number: **2002235121**(22) Date of filing: **12.08.02**(71) Applicant: **HONDA MOTOR CO LTD**(72) Inventor: **NAGOSHI KENTARO
YOSHIDA HIROMICHI**

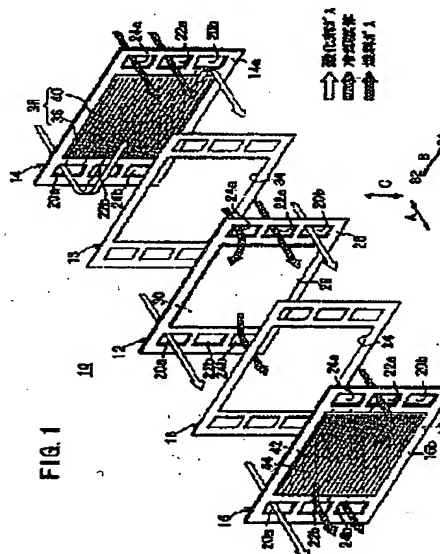
(54) FUEL CELL

(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable to prevent as much as possible dew condensation of reaction-generated water on an electrode face by a simple structure and to enable to secure a good generation performance.

SOLUTION: The fuel cell 10 comprises an electrolyte membrane/electrode structure 12 and a first and a second metallic separators 14, 16 that pinches the electrolyte membrane/electrode structure 12. The first metallic separator 14 comprises a flat part 38 that contacts a cathode side electrode 30 and a concave part 40 that forms an oxidizer gas passage 36 pinching the flat part 38, and the flat part 38 is so set up that width dimensions become smaller from the upstream toward the downstream of the oxidizer gas passage 36.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-79245

(P2004-79245A)

(43) 公開日 平成16年3月11日(2004.3.11)

(51) Int.Cl.⁷

H01M 8/02

H01M 8/10

F1

H01M 8/02

H01M 8/10

テーマコード(参考)

5H026

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-235121 (P2002-235121)
(22) 出願日 平成14年8月12日(2002.8.12)(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人 100077665
弁理士 千葉 剛宏
(74) 代理人 100116676
弁理士 宮寺 利幸
(74) 代理人 100077805
弁理士 佐藤 辰彦
(72) 発明者 名越 健太郎
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
(72) 発明者 吉田 弘道
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC03 CC08 CC10 EE02

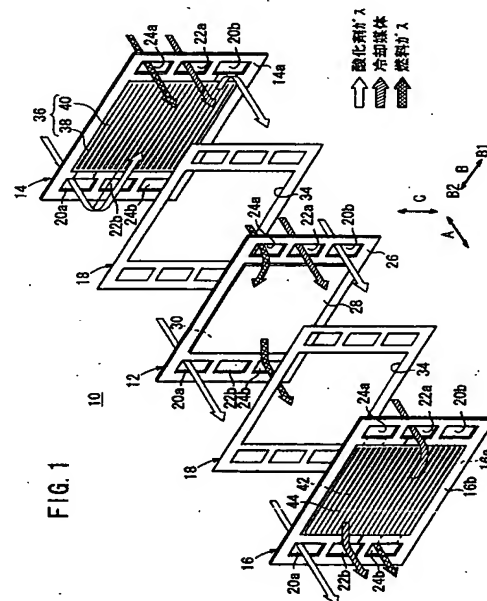
(54) 【発明の名称】 燃料電池

(57) 【要約】

【課題】簡単な構成で、電極面内での反応生成水の結露を可及的に阻止することができ、良好な発電性能を確保することを可能にする。

【解決手段】燃料電池10は、電解質膜・電極構造体12と、前記電解質膜・電極構造体12を挟持する第1および第2金属製セパレータ14、16とを備える。第1金属製セパレータ14は、カソード側電極30に当接する平坦部38と、前記平坦部38を挟んで酸化剤ガス流路36を形成する凹状部40とを備えるとともに、前記平坦部38は、前記酸化剤ガス流路36の上流から下流に向かって幅寸法が小さくなるように設定される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体高分子電解質膜の両側にそれぞれ電極を設けた電解質膜・電極構造体と、前記電解質膜・電極構造体を挟持するとともに、各電極に対向する面にそれぞれ所定の反応ガスを供給する反応ガス流路が形成された一組の金属製セパレータとを備える燃料電池であって、前記金属製セパレータは、前記電極に当接する平坦部と、前記平坦部を挟んで該電極から離間することにより、前記反応ガス流路を形成する凹状部と、を備えるとともに、前記平坦部は、前記反応ガス流路の上流から下流に向かって、前記電極に当接する幅寸法が小さくなるように設定されることを特徴とする燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固体高分子電解質膜の両側にそれぞれ電極を設けた電解質膜・電極構造体と、前記電解質膜・電極構造体を挟持するとともに、各電極に対向する面にそれぞれ所定の反応ガスを供給する反応ガス流路が形成された一組の金属製セパレータとを備える燃料電池に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、固体高分子型燃料電池は、高分子イオン交換膜（陽イオン交換膜）からなる固体高分子電解質膜を採用している。この燃料電池は、固体高分子電解質膜の両側に、それぞれ電極触媒と多孔質カーボンからなるアノード側電極およびカソード側電極を対設して構成される電解質膜・電極構造体を、セパレータ（バイポーラ板）によって挟持することにより構成されている。通常、この燃料電池を所定数だけ積層した燃料電池スタックが使用されている。

【0003】

この種の燃料電池において、アノード側電極に供給された燃料ガス（反応ガス）、例えば、主に水素を含有するガス（以下、水素含有ガスともいう）は、電極触媒上で水素がイオン化され、電解質膜を介してカソード側電極側へと移動する。その間に生じた電子が外部回路に取り出され、直流の電気エネルギーとして利用される。なお、カソード側電極には、酸化剤ガス（反応ガス）、例えば、主に酸素を含有するガスあるいは空気（以下、酸素含有ガスともいう）が供給されているために、このカソード側電極において、水素イオン、電子および酸素が反応して水が生成される。

【0004】

上記の燃料電池では、セパレータの面内に、アノード側電極に対向して燃料ガスを流すための燃料ガス流路（反応ガス流路）と、カソード側電極に対向して酸化剤ガスを流すための酸化剤ガス流路（反応ガス流路）とが設けられている。また、セパレータ間には、必要に応じて冷却媒体を流すための冷却媒体流路が前記セパレータの面方向に沿って設けられている。

【0005】

この種のセパレータは、通常、カーボン系材料で構成されているが、前記カーボン系材料では、強度等の要因で薄肉化が図れないという不具合が指摘されている。そこで、最近、この種のカーボン製セパレータよりも強度に優れかつ薄肉化が容易な金属薄板製のセパレータ（以下、金属製セパレータともいう）を用い、この金属製セパレータにプレス加工を施して所望の反応ガス流路を成形することにより、該金属製セパレータの厚さの減少を図って燃料電池全体を小型化かつ軽量化する工夫がなされている。

【0006】

例えば、図11に示す燃料電池1は、アノード側電極2とカソード側電極3との間に電解質膜4が介装されることにより構成された電解質膜・電極構造体5と、前記電解質膜・電

10

20

30

40

50

極構造体 5 を挟持する一組の金属製のセパレータ 6 a、6 b とを備えている。

【0007】

セパレータ 6 a には、アノード側電極 2 に対向する面に燃料ガス（例えば、水素含有ガス）を供給するための燃料ガス流路 7 a が設けられる一方、セパレータ 6 b には、カソード側電極 3 に対向する面に酸化剤ガス（例えば、空気等の酸素含有ガス）を供給するための酸化剤ガス流路 7 b が設けられている。セパレータ 6 a、6 b には、アノード側電極 2 およびカソード側電極 3 に当接する平坦部 8 a、8 b が設けられるとともに、前記平坦部 8 a、8 b の裏面（当接面とは反対の面）側には、冷却媒体を流すための冷却媒体流路 9 a、9 b が形成されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の酸化剤ガス流路 7 b および燃料ガス流路 7 a では、生成水の発生や反応ガスの消費等により、入口側から出口側に向かうにつれて相対湿度が上昇してしまう。このため、出口側が入口側よりも結露し易くなり、薄肉でかつ裏面に沿って冷却媒体が流れる金属製のセパレータ 6 a、6 b では、冷却効率が高くなって高湿度状態で結露が発生してしまう。

【0009】

特に、反応ガス出口側の平坦部 8 a、8 b では、裏面側に冷却媒体が直接流れているために当接面側が結露し易くなるとともに、反応ガスの流速が低下しているために結露水が排出され難く、滞留する場合が多い。従って、電解質膜・電極構造体 5 には、反応ガス出口側の平坦部 8 a、8 b が当接する部分に対応して滞留水が発生し、この滞留水により反応ガスが拡散されない部分、すなわち、未反応面部分 S が存在してしまう。これにより、電解質膜・電極構造体 5 では、触媒反応に有効な面積が減少してしまい、良好かつ効率的な発電性能を維持することができないという問題が指摘されている。

【0010】

本発明はこの種の問題を解決するものであり、簡単な構成で、電極面内での反応生成水の結露を可及的に阻止することができ、良好な発電性能を確保することが可能な燃料電池を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項 1 に係る燃料電池では、固体高分子電解質膜の両側にそれぞれ電極を設けた電解質膜・電極構造体を、一組の金属製セパレータで挟持するとともに、前記金属製セパレータは、それぞれの電極に当接する平坦部と、前記平坦部を挟んで前記電極から離間することにより、反応ガス流路を形成する凹状部とを備えている。そして、平坦部は、反応ガス流路の上流から下流に向かって、電極に当接する幅寸法が小さくなるように設定されている。

【0012】

このため、例えば、生成水が多く発生して相対湿度が高くなり易い反応ガス流路の下流側では、金属製セパレータが電極に当接する面積を大幅に削減することができる。さらに、冷却媒体が電極に接する面積も小さくなり、電極面が冷却され難くなって結露の発生を抑制することが可能になる。これにより、滞留水による電極面の未反応面部分を有効に削減して前記電極面の反応有効面積を良好に確保することができ、濃度過電圧の上昇を抑えることが可能になる。

【0013】

一方、反応ガス流路の上流側では、相対湿度が低いために結露し難い。従って、金属製セパレータが電極に当接する平坦部の面積を大きく設定することにより、抵抗過電圧を有効に低減することが可能になる。このため、簡単な構成で、燃料電池の良好な発電性能を確実に維持することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

10

20

30

40

50

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る燃料電池 10 の要部分解斜視図である。

【0015】

燃料電池 10 は、電解質膜・電極構造体 12 と、前記電解質膜・電極構造体 12 を挟持する第 1 および第 2 金属製セパレータ 14、16 とを備える。電解質膜・電極構造体 12 と第 1 および第 2 金属製セパレータ 14、16 との間には、後述する連通孔の周囲および電極面（発電面）の外周を覆って、ガスケット等のシール部材 18 が介装されている。

【0016】

電解質膜・電極構造体 12 と第 1 および第 2 金属製セパレータ 14、16 の矢印 B 方向の一端縁部には、積層方向である矢印 A 方向に互いに連通して、酸化剤ガス、例えば、酸素含有ガスを供給するための酸化剤ガス供給連通孔 20a、冷却媒体を排出するための冷却媒体排出連通孔 22b、および燃料ガス、例えば、水素含有ガスを排出するための燃料ガス排出連通孔 24b が、矢印 C 方向（鉛直方向）に配列して設けられる。

【0017】

電解質膜・電極構造体 12 と第 1 および第 2 金属製セパレータ 14、16 の矢印 B 方向の他端縁部には、矢印 A 方向に互いに連通して、燃料ガスを供給するための燃料ガス供給連通孔 24a、冷却媒体を供給するための冷却媒体供給連通孔 22a、および酸化剤ガスを排出するための酸化剤ガス排出連通孔 20b が、矢印 C 方向に配列して設けられる。

【0018】

電解質膜・電極構造体 12 は、例えば、パーフルオロスルホン酸の薄膜に水が含まれてなる固体高分子電解質膜 26 と、該固体高分子電解質膜 26 を挟持するアノード側電極 28 およびカソード側電極 30 とを備える。

【0019】

アノード側電極 28 およびカソード側電極 30 は、カーボンペーパー等からなるガス拡散層と、白金合金が表面に担持された多孔質カーボン粒子を前記ガス拡散層の表面に一様に塗布した電極触媒層とをそれぞれ有する。電極触媒層は、互いに固体高分子電解質膜 26 を介装して対向するように、前記固体高分子電解質膜 26 の両面に接合されている。シール部材 18 の中央部には、アノード側電極 28 およびカソード側電極 30 に対応して開口部 34 が形成されている。

【0020】

第 1 金属製セパレータ 14 の電解質膜・電極構造体 12 側の面 14a には、例えば、矢印 B 方向に延在する複数本の溝部からなる酸化剤ガス流路 36 が設けられるとともに、この酸化剤ガス流路 36 は、酸化剤ガス供給連通孔 20a と酸化剤ガス排出連通孔 20b とに連通する。

【0021】

図 2 および図 3 に示すように、第 1 金属製セパレータ 14 は、電解質膜・電極構造体 12 のカソード側電極 30 に当接する平坦部 38 と、前記平坦部 38 を挟んで前記カソード側電極 30 から離間することにより酸化剤ガス流路 36 を形成する凹状部 40 とを備える。平坦部 38 は、第 1 金属製セパレータ 14 にプレス成形処理等を施すことにより一体成形されており、酸化剤ガス流路 36 の上流から下流に向かって（矢印 B1 方向）、カソード側電極 30 に当接する幅寸法 L が小さくなるように設定される（図 4 参照）。

【0022】

各平坦部 38 は、矢印 C 方向に所定間隔ずつ離間しかつ矢印 B 方向に互いに平行に設けられており、酸化剤ガス流路 36 の上流側である矢印 B2 方向先端側が、図 5 に示すように、最大幅寸法 L1 に設定された略台形状に構成される。平坦部 38 は、酸化剤ガス流路 36 の下流側である矢印 B1 方向先端部が、図 6 に示すように、最小幅寸法 L2 に設定された略円弧状に構成される。平坦部 38 の幅寸法 L は、最大幅寸法 L1 から最小幅寸法 L2 に向かって連続的にあるいは段階的に小さくなるように設定される。

【0023】

第 2 金属製セパレータ 16 の電解質膜・電極構造体 12 側の面 16a には、燃料ガス供給連通孔 24a と燃料ガス排出連通孔 24b とに連通する燃料ガス流路 42 が形成される。

この燃料ガス流路 4 2 は、矢印 B 方向に延在する複数本の溝部を備えている。第 2 金属製セパレータ 1 6 の面 1 6 b には、冷却媒体供給連通孔 2 2 a と冷却媒体排出連通孔 2 2 b とに連通する冷却媒体流路 4 4 が形成される。この冷却媒体流路 4 4 は、矢印 B 方向に延在する複数本の溝部を備えている。

【0024】

図 7 に示すように、第 2 金属製セパレータ 1 6 の面 1 6 a 側には、電解質膜・電極構造体 1 2 のアノード側電極 2 8 に当接する平坦部 4 6 と、前記平坦部 4 6 を挟んで前記アノード側電極 2 8 から離間することにより燃料ガス流路 4 2 を形成する凹状部 4 8 とが設けられる。

【0025】

平坦部 4 6 は、矢印 C 方向に所定間隔ずつ離間し、かつ矢印 B 方向に互いに平行して延在している。各平坦部 4 6 は、燃料ガス流路 4 2 の上流から下流に向かって（矢印 B 1 方向）、アノード側電極 2 8 に当接する幅寸法 L が小さくなるように設定される。この平坦部 4 6 は、第 1 金属製セパレータ 1 4 の平坦部 3 8 と同様に構成されており、その詳細な説明は省略する。

【0026】

このように構成される燃料電池 1 0 の動作について、以下に説明する。

【0027】

図 1 に示すように、燃料ガス供給連通孔 2 4 a に水素含有ガス等の燃料ガスが供給されるとともに、酸化剤ガス供給連通孔 2 0 a に酸素含有ガス等の酸化剤ガスが供給される。さらに、冷却媒体供給連通孔 2 2 a に純水やエチレングリコール、オイル等の冷却媒体が供給される。

【0028】

酸化剤ガスは、酸化剤ガス供給連通孔 2 0 a から第 1 金属製セパレータ 1 4 の酸化剤ガス流路 3 6 に導入され、電解質膜・電極構造体 1 2 を構成するカソード側電極 3 0 に沿って移動する。一方、燃料ガスは、燃料ガス供給連通孔 2 4 a から第 2 金属製セパレータ 1 6 の燃料ガス流路 4 2 に導入され、電解質膜・電極構造体 1 2 を構成するアノード側電極 2 8 に沿って移動する。

【0029】

従って、電解質膜・電極構造体 1 2 では、カソード側電極 3 0 に供給される酸化剤ガスと、アノード側電極 2 8 に供給される燃料ガスとが、電極触媒層内で電気化学反応により消費され、発電が行われる。

【0030】

次いで、アノード側電極 2 8 に供給されて消費された燃料ガスは、燃料ガス排出連通孔 2 4 b に沿って矢印 A 方向に排出される。同様に、カソード側電極 3 0 に供給されて消費された酸化剤ガスは、酸化剤ガス排出連通孔 2 0 b に沿って矢印 A 方向に排出される。

【0031】

また、冷却媒体供給連通孔 2 2 a に供給された冷却媒体は、第 2 金属製セパレータ 1 6 の冷却媒体流路 4 4 に導入された後、矢印 B 方向に沿って流通する。この冷却媒体は、電解質膜・電極構造体 1 2 を冷却した後、冷却媒体排出連通孔 2 2 b から排出される。

【0032】

ここで、例えば、電解質膜・電極構造体 1 2 を構成するカソード側電極 3 0 では、反応により生成水が発生し、この生成水が酸化剤ガスの流れ方向に沿って増加している。このため、第 1 金属製セパレータ 1 4 に形成される酸化剤ガス流路 3 6 では、出口側（酸化剤ガス排出連通孔 2 0 b 側）に結露水が発生し易い。

【0033】

そこで、第 1 の実施形態では、酸化剤ガス流路 3 6 を構成する平坦部 3 8 が、酸化剤ガス流路 3 6 の上流から下流に向かってカソード側電極 3 0 に接触する幅寸法 L が小さくなるように構成されている（図 3 および図 4 参照）。このため、生成水が多く発生して相対湿度が高くなり易い酸化剤ガス流路 3 6 の下流側では、第 1 金属製セパレータ 1 4 がカソー

10

20

30

40

50

ド側電極 30 に当接する平坦部 38 の面積を大幅に削減することができる。

【0034】

従って、カソード側電極 30 の滞留水による未反応面部分が、図 6 に示すように、最小幅寸法 L2 まで大幅に削減される。これにより、カソード側電極 30 の反応有効面積を良好に確保することが可能になり、濃度過電圧の上昇を抑えることができるという効果が得られる。

【0035】

一方、酸化剤ガス流路 36 の上流側では、相対湿度が低いために結露し難く、第 1 金属製セパレータ 14 がカソード側電極 30 に当接する平坦部 38 の面積を大きく設定することが可能になる。このため、酸化剤ガス流路 36 の上流側における抵抗過電圧を有効に低減

10

【0036】

これにより、第 1 の実施形態では、特に、第 1 金属製セパレータ 14 が用いられる際、生成水の増加および酸化剤ガスの流速の低下に起因して結露水が排出され難い場合であっても、平坦部 38 の幅寸法 L を上流側から下流側に向かって小さくなるように設定することにより、簡単な構成で、未反応面部分を有効に削減することができ、燃料電池 10 の発電性能を確実に維持することが可能になる。

【0037】

なお、第 2 金属製セパレータ 16 に形成された燃料ガス流路 42 においても同様に、燃料ガスが消費されることによって上流側に比べて下流側の相対湿度が高くなり易い。その際

20

【0038】

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る燃料電池を構成する第 1 金属製セパレータ 60 の一部拡大斜視図であり、図 9 は、前記第 1 金属製セパレータ 60 の一部断面説明図である。なお、第 1 の実施形態に係る燃料電池 10 と同一の構成要素には同一の参照符号を付して、その詳細な説明は省略する。また、以下に説明する第 3 の実施形態においても同様に、その詳細な説明は省略する。

【0039】

第 1 金属製セパレータ 60 は、電解質膜・電極構造体 12 を構成するカソード側電極 30

30

【0040】

平坦部 62 は、酸化剤ガス流路 36 の上流から下流に向かってカソード側電極 30 に当接する幅寸法 L が小さくなるように設定される。平坦部 62 は、下流側の最小幅寸法 L2 を構成するために断面多角形状に設定されるとともに、この下流側の酸化剤ガス流路 36 の流路断面積が、上流側の前記酸化剤ガス流路 36 の流路断面積よりも同等以下に設定されている。

【0041】

これにより、第 2 の実施形態では、相対湿度が高くなる酸化剤ガス流路 36 の下流側に最

40

【0042】

しかも、第 2 の実施形態では、酸化剤ガス流路 36 の流路断面積が、上流から下流に向かって同等以下に設定されている。このため、酸化剤ガスの流速の低下を阻止するとともに、カソード側電極 30 の全面にわたって酸化剤ガスを円滑かつ確実に供給することが可能になり、発電性能を高く維持することができるという利点がある。

【0043】

図 10 は、本発明の第 3 の実施形態に係る燃料電池を構成する第 1 金属製セパレータ 80 の正面説明図である。

50

【0044】

第1金属製セパレータ80は、酸化剤ガスの流れ方向に平行して第1平坦部82と第2平坦部84とを交互に設けるとともに、前記第1および第2平坦部82、84間には、酸化剤ガス流路36を形成する凹状部86が設けられている。第1平坦部82は、矢印B方向に長尺に構成される一方、第2平坦部84は、上流側が前記第1平坦部82と略同一位置に設定され、下流側が前記第1平坦部82の途上で終端する短尺に構成されている。

【0045】

このため、第3の実施形態では、第1および第2平坦部82、84のカソード側電極30に接触する面積が、上流から下流に向かって減少しており、下流側での滞留水の発生を有効に削減することができる等、第1および第2の実施形態と同様の効果が得られる。

10

【0046】

【発明の効果】

本発明に係る燃料電池では、例えば、生成水が多く発生して相対温度が高くなり易い反応ガス流路の下流側で、金属製セパレータが電極に当接する面積を大幅に削減することができる。これにより、滞留水による電極面の未反応面部分を有効に削減して前記電極面の反応有効面積を良好に確保することが可能になり、濃度過電圧の上昇を抑えることができる。

【0047】

一方、反応ガス流路の上流側では、相対湿度が低いために結露し難い。従って、金属製セパレータが電極に当接する平坦部の面積を大きく設定することにより、抵抗過電圧を有効に低減することが可能になる。このため、簡単な構成で、燃料電池の良好な発電性能を確実に維持することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る燃料電池の要部分解斜視図である。

【図2】前記燃料電池の一部断面説明図である。

【図3】前記燃料電池を構成する第1金属製セパレータの正面説明図である。

【図4】前記第1金属製セパレータの一部拡大斜視図である。

【図5】図3中、V-V線断面図である。

【図6】図3中、VI-VI線断面図である。

【図7】前記燃料電池を構成する第2金属製セパレータの正面説明図である。

30

【図8】本発明の第2の実施形態に係る燃料電池を構成する第1金属製セパレータの一部拡大斜視図である。

【図9】前記第1金属製セパレータの一部断面説明図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る燃料電池を構成する第1金属製セパレータの正面説明図である。

【図11】従来技術に係る燃料電池の一部断面説明図である。

【符号の説明】

- | | |
|----------------------|----------------|
| 10…燃料電池 | 12…電解質膜・電極構造体 |
| 14、16、60、80…金属製セパレータ | |
| 20a…酸化剤ガス供給連通孔 | 20b…酸化剤ガス排出連通孔 |
| 22a…冷却媒体供給連通孔 | 22b…冷却媒体排出連通孔 |
| 24a…燃料ガス供給連通孔 | 24b…燃料ガス排出連通孔 |
| 26…固体高分子電解質膜 | 28…アノード側電極 |
| 30…カソード側電極 | 36…酸化剤ガス流路 |
| 38、46、62、82、84…平坦部 | |
| 40、48、64…凹状部 | 42…燃料ガス流路 |
| 44…冷却媒体流路 | |

40

【図 1】

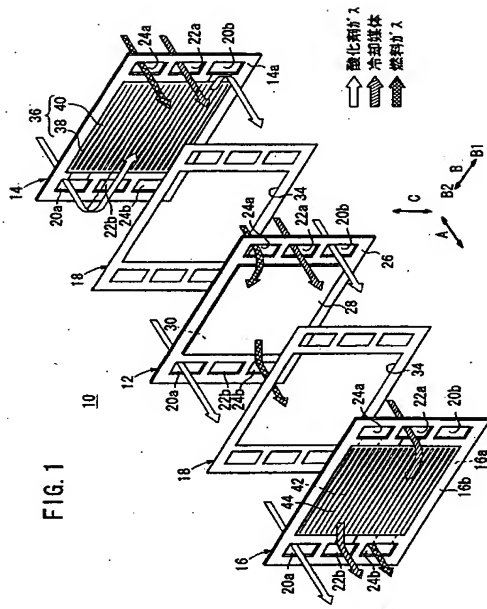
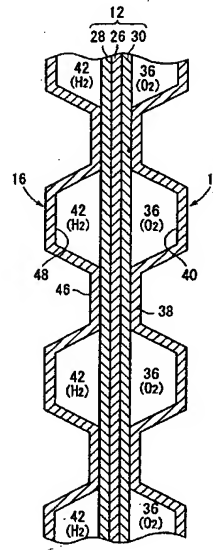


FIG. 1

【図 2】

FIG. 2



【図 3】

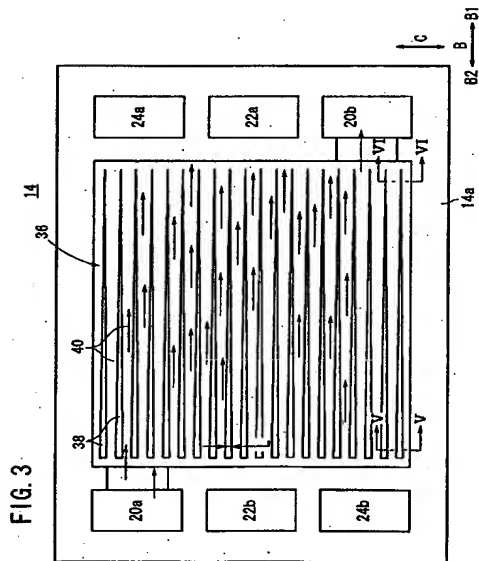
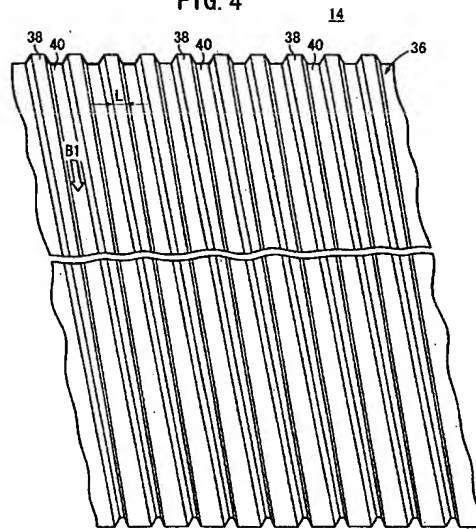


FIG. 3

【図 4】

FIG. 4



【 図 5 】

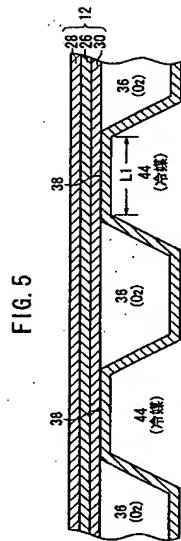


FIG. 5

【 図 6 】

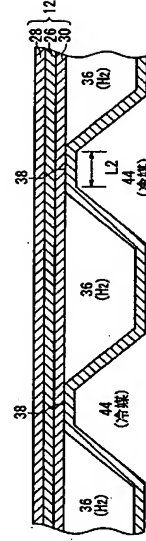


FIG. 6

【 図 7 】

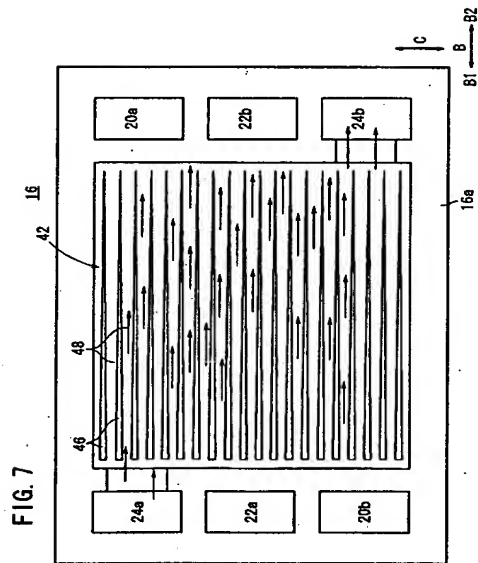


FIG. 7

【 図 8 】

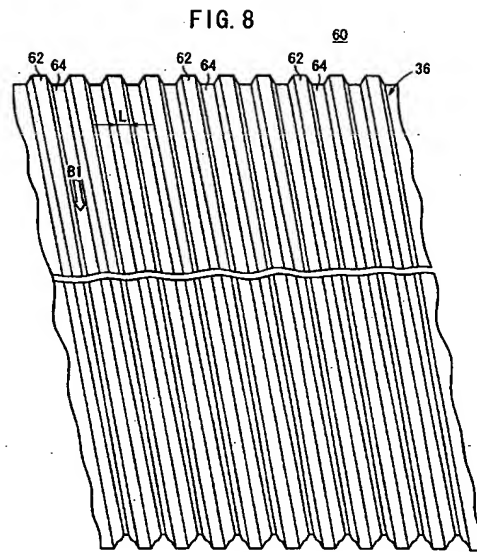
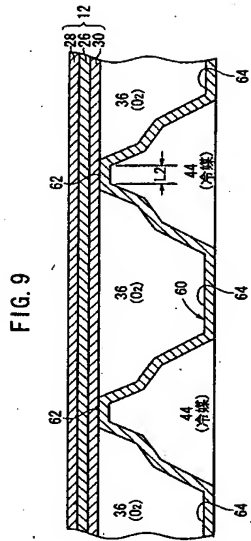
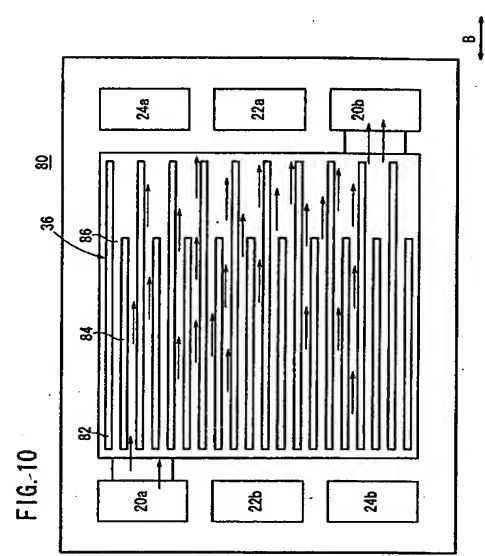


FIG. 8

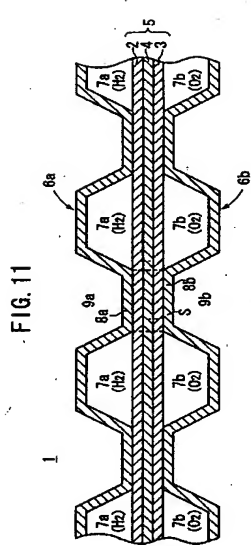
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.